

RFID 概論

第四章

RFID 標籤與讀取器

目次

目次.....	I
圖目次.....	II
表目次.....	III
第四章 RFID 標籤與讀取器.....	1
4.1 RFID 標籤.....	1
4.1.1 什麼是 RFID 標籤？.....	1
4.1.2 標籤的組成元件.....	1
4.1.3 標籤的通信原理與操作流程.....	3
4.1.4 標籤的分類.....	5
4.1.5 標籤的類型.....	13
4.1.6 標籤的製造成本.....	16
4.1.7 考量因素.....	17
4.2 RFID 讀取器.....	21
4.2.1 什麼是讀取器？.....	21
4.2.2 讀取器的組成元件.....	21
4.2.3 讀取器的操作流程.....	22
4.2.4 讀取器的類型.....	22
4.2.5 讀取器的製造成本.....	25
4.2.6 考量因素.....	26
4.3 小結.....	28
參考資料.....	28

圖目次

圖 4.1：RFID 標籤內部元件	2
圖 4.2：電磁感應	3
圖 4.3：微波存取	4
圖 4.4：RFID 標籤操作流程	5
圖 4.5：標籤示意圖	7
圖 4.6：各種類型的標籤	16
圖 4.7：讀取器的內部元件	22
圖 4.8：各種類型的讀取器	25

表目次

表 4.1：標籤比較表－電力來源	8
表 4.2：標籤比較表－使用頻率	11
表 4.3：各國的 UHF 頻段	12

第四章 RFID 標籤與讀取器

RFID 系統主要由標籤、讀取器和後端應用系統所組成，透過三者互相通訊，達到無線識別的功能。而在這章當中，將會分為標籤和讀取器二大部分，各別詳細地介紹它們的內容。首先，我們先為標籤和讀取器下定義，敘述他們在系統中扮演的角色和功能；接著是說明標籤和讀取器雙方之間的通訊原理，以及它們內部處理資料的流程；再來對不同特性的標籤做分類，以了解標籤有不同的大小、形狀、材質、成本和效能等，而這些特性都是用來符合不同需求的商業環境；最後我們也列出選擇標籤和讀取器應要考量的因素，提供在實際用途中作為參考。

4.1 RFID 標籤

4.1.1 什麼是 RFID 標籤？

在第三章我們曾經粗略地介紹過 RFID 標籤，在此將針對 RFID 標籤下個定義。RFID 標籤是一個儲存數位識別資料的小型裝置，可以透過無線電波與讀取器之間互相傳遞資訊，因為被用以回應內存資料給讀取器，所以又稱為詢答器 (Transponder)。

4.1.2 標籤的組成元件

RFID 系統是由 RFID 標籤、RFID 讀取器和後端的應用系統組成，現在我們將視角集中至 RFID 標籤，觀看標籤內部的組成構造。RFID 標籤內部主要由晶片、天線及電力來源組成。而晶片內部又可分為四

種主要元件：邏輯單元、記憶體、電源控制器和調變電路。如圖 4.1 所示。以下說明標籤內部元件所扮演的角色與功能：

- 調變電路：將讀取器發送過來的類比訊號轉換成數位訊號。
- 記憶體：用來儲存資料。記憶體內部的電子資料有一定的格式，通常會分為數個區段欄位，有的用來儲存物品的識別資料，有的儲存檢查碼等。
- 邏輯單元：將接收器傳來的類比訊號進行解碼和錯誤檢查。在單價高的標籤則另附有解密的功能。
- 電源控制器：依照標籤內部有無附電池而有所不同，若為內部沒附電池的被動式標籤，則由電源控制器將從讀取器接收到的無線電波轉換成直流電，以提供電力；若有電池，則由電池提供標籤運作所需電力。
- 天線：負責接收或傳送射頻訊息給遠端的讀取器。標籤的體積大小通常是由天線所決定，因為 RFID 晶片只需要米粒般的大小即可運作，但是天線為了要有效地接收和傳送射頻訊號給讀取器，必須有足夠的體積。

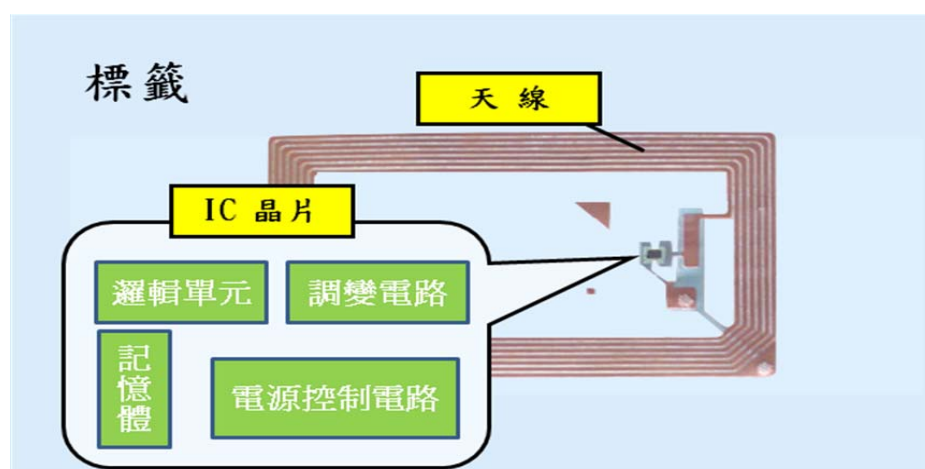


圖 4.1：RFID 標籤內部元件

4.1.3 標籤的通信原理與操作流程

RFID 標籤和讀取器之間是如何實際通訊的，悠遊卡使用的通訊原理和大賣場推車設置的 RFID 一樣嗎？在以下我們將會說明。

RFID 通訊原理可分為電磁感應和微波共振二種。通常低頻和高頻率 RFID 是採用電磁感應的方式：當電流通過讀取器的天線之後，會在天線周遭產生磁場，此時 RFID 標籤一旦切入該磁場就會因為磁場的改變而在標籤上產生感應電流，成為標籤運作的電力來源；至於超高頻和微波 RFID 則是採用微波共振的方式，此類讀取器的天線成正負兩極狀，當電流通過時會產生電波，使得遠方的標籤天線因為共振的能量而產生電力。如圖 4.2、圖 4.3 所示。

由上述可得知，RFID 的通訊原理是依據電場和磁場的變化產生電能，而電磁感應的通訊方式使得傳輸距離較短，常見的非接觸式的智慧卡就是採用此原理；而如果需要長距離的通訊，則大多是採用微波共振的方式。

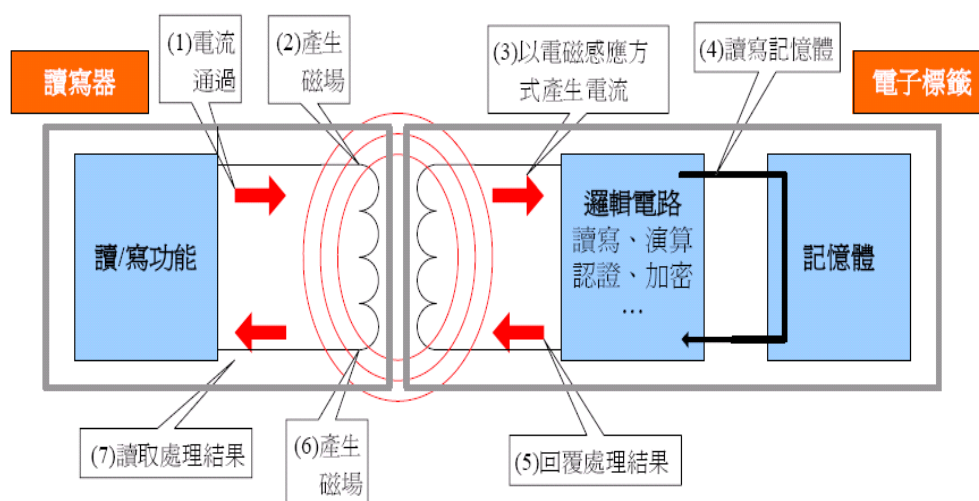


圖 4.2：電磁感應

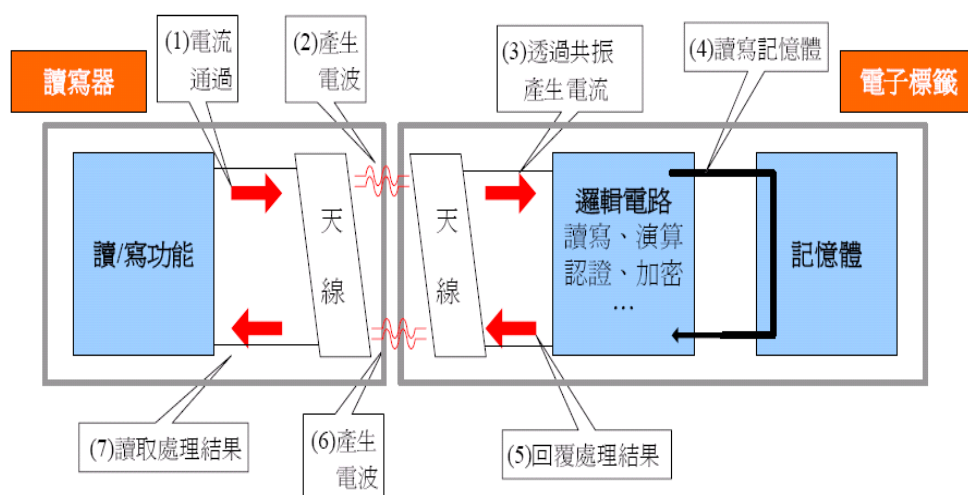


圖 4.3：微波存取

第三章已經介紹過 RFID 系統中的主要通訊流程，而現在將針對 RFID 標籤內部各元件的運作做進一步的說明。操作流程如下列和圖 4.4 所示（以被動式標籤為例）：

1. 遠端的讀取器傳送射頻電波給標籤。
2. 天線接收到讀取器傳送過來的射頻電波之後，再交給調變電路和電源控制電路。
3. 電源控制電路將讀取器傳送過來的交流電轉換成直流電，以提供其他元件的電力來源。
4. 標籤獲得電力之後，邏輯單元會開始處理接收到的資料。
5. 處理完畢後，邏輯單元會將結果經調變電路調變，再透過天線回傳給遠端的讀取器。
6. 遠端的讀取器收到標籤的回應，並將資料轉交於後端的應用系統處理。

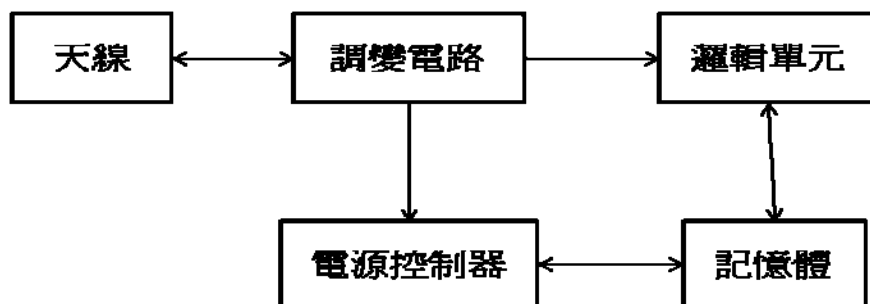


圖 4.4：RFID 標籤操作流程

4.1.4 標籤的分類

RFID 標籤並非只有單一種，而是有許多不同的類型，可以各別就(1)電力來源、(2)使用頻率、(3)存取方式作為分類依據。依電力來源可分為被動式 (Passive)、半被動式 (Semi-passive) 和主動式 (Active) 標籤；根據標籤使用的頻率高低可分為低頻 (Low Frequency, LF)、高頻 (High Frequency, HF)、超高頻 (Ultra High Frequency, UHF) 和微波 (Microwave, MW)；依存取方式可分為唯讀 (Read-only, RO)、一寫多讀 (Write Once, Read Many, WORM) 和可讀寫 (Read/Write, RW) 的標籤。以下就這三種分類詳細說明。

- 依照標籤的電力來源可分為以下三種：

(1) 被動式標籤 (Passive Tag)

被動式標籤內部沒有電池，平常處於沉睡狀態，只有當標籤吸收來自讀取器的無線電波後才會轉換成自身電力，喚醒自己並且送回識別資訊給讀取器。由於內部構造較主動式標籤簡單，所以體積較小、價格也較便宜，可大量佈署在低成本的物品身上，主要用於動物晶片、物流管理、門禁系統、汽車防盜等。

其實，我們平時搭乘捷運時所使用的悠遊卡，也是屬於被動式

RFID 標籤的一種，只不過它與智慧卡 (Smart Card) 相結合，使得智慧卡不需要透過接觸式的讀卡機即可讀取卡內資料並扣款。

(2) 半被動式標籤 (Semi-passive Tag)

半被動式標籤通常會與感應器結合，而且與主動式標籤一樣都附有電池。不同的是，電池提供的電力只能讓感應器在平時偵測周遭環境所使用(如：溫度、濕度等)，不足以提供通訊的電力來源，因此跟被動式標籤一樣都必須仰賴讀取器提供的電磁波才能回送訊號。由於電池也提供了通訊所需的部份微薄電力，讀取距離較被動式標籤長、抗干擾能力更強，主要用於監測周遭環境溫度或是震盪等應用場合，之後更可以整合其他感應器的設計，投入行車安全防護、居家看護等各式應用市場。

(3) 主動式標籤 (Active Tag)

主動式標籤內部附有電池並提供運作所需的電力來源。由於本身持有電源，所以此類標籤傳輸距離較長、讀取速度較快，但是相對的體積較大、壽命受限於電池，成本也較高，主要用於軍事、醫療、工業、貨櫃和國防上。

以上三種標籤與讀取器的通訊流程上有所不同，如圖 4.5 所示，被動式標籤因為沒有電池，需要讀取器主動先送出電波，標籤才能回應識別資料；半被動式標籤雖有電池，但電力無法主動發送，因此流程也跟被動式標籤一樣；而主動式標籤由於電池提供充足的電力，所以通常是由標籤持續地偵測週遭的讀取器，並且主動回報本身的識別資訊。

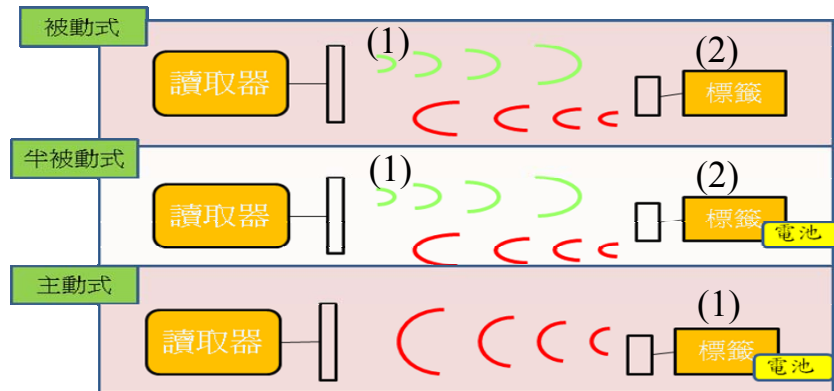


圖 4.5：標籤示意圖

在表 4.1 的標籤比較表當中介紹了不同類型的特性，其中應注意的是隨著 RFID 的技術發展，RFID 標籤的記憶體容量會逐漸增大，此處的大小僅列為參考；而標籤每秒可被讀取的數量也根據標準而有所不同，將在第五章詳細說明。

表 4.1：標籤比較表－電力來源

	被動式	半被動式	主動式
電力來源	電磁感應或微波	1.內含電池 2.電磁感應或微波	內含電池
內含電池	無	有	有
電力可得性	讀取器可讀範圍	1.讀取器可讀範圍 2.電池壽命內	電池壽命內
多標籤讀取	每秒可讀取 450- 個標籤	-	每秒可讀取超過 1000 個標籤
可讀取距離	最遠可達 10 公尺	最遠可達 30 公尺	可大於 100 公尺
記憶體容量	64~8k 位元	-	64k~228k 位元
使用壽命	長達 10 年	受限於電池壽命	受限於電池壽命
重量	較輕	較重	較重
體積	較小	較大	較大
價格	較低	中	最貴
技術成熟度	較高	-	較低
應用	動物晶片、智慧 卡、防盜管理、 門禁系統、物流 管理	監測周遭環境溫度、 居家看護	軍事、醫療、工業、 國防、貨櫃管理

- 依照 RFID 標籤所用的頻率，由高往低，可分為以下四類：

(1) 低頻 (Low Frequency)

此類標籤使用的頻段在 100KHz~500KHz 之間，其中以 125KHz 和 135KHz 最為常見。其傳輸距離約 10 公分，通訊低頻的優點是不易受干擾，當標籤靠近金屬或是液體的物品時，還能夠發射有效發射訊號；缺點是讀取距離較短，通訊速度、讀取及寫入較慢，無法同時辨識多個標籤。主要用於動物晶片、物流管理、門禁系統、汽車防盜等。

(2) 高頻 (High Frequency)

使用頻段在 10MHz~15MHz 之間，其中以 13.56MHz 最為常見。優點是感應距離較長、讀取速度較快，而且可以同時辨識多個標籤。主要應用於圖書館管理、產品管理、智慧卡等。

(3) 超高頻 (Ultra High Frequency)

使用頻段在 433~950MHz 及 2.45GHz 之間，其中以 433MHz 和 868~950MHz 最為常見。優點是讀取距離較遠、傳輸速率較快、可同時讀取辨識大量標籤、天線可用蝕刻或印刷方式製造；缺點是在金屬和液體的物品上辨識率不佳。主要應用於航空旅客與行李管理系統、貨架及棧板管理、出貨管理、物流管理、鐵路車廂監控等。

(4) 微波 (Microwave)

使用頻段在 1GHz 以上，其中以 2.45GHz、5.8GHz 最為常見。特性與超高頻類似，對於環境的敏感性較高，主要用於行李追蹤、物品管理、供應鏈管理等。

整體而言，如表 4.2 所示，使用頻段越高的標籤，其資料傳輸率、通訊距離、傳輸功率也越高，但由於較高頻率的標籤（超高頻和微波）採用的通訊原理是微波共振，而高頻率電波波長較小，不容易穿過水分子，因此受濕氣的影響很大，容易造成讀取失誤率過高。

目前低頻和高頻的 RFID 開發技術已趨近成熟，而且在大多數的國家裡，該段頻帶是屬於開放式的，通訊距離共通，不涉及電波法規的限制和執照申請的問題，所以目前已經有不少的應用。至於超高頻的 RFID，則因為通訊距離可達 10 公尺，傳輸距離也較快，正好符合整體供應鏈物流管理需求，所以目前備受全球關注，成為目前最主流的發展頻段，而在 ISO 標準當中，也根據不同的頻段制定相關標準，將在第五章詳述。

超高頻 RFID 的頻段，在許多國家中已經被其他用途所使用（例如：GSM 蜂巢式網路），因此各國只好分配剩下的頻段給高頻式 RFID（如表 4.3 所示），也就造成各國超高頻頻段不一和頻道碎裂的問題。而全球各國的超高頻頻段大致可分為三大區域，一是美洲區域，其頻段為 902~928MHz，頻段最寬，共有 26MHz 可用；再來是歐洲區域，其頻段落在 856.6~867.6MHz 的範圍，頻寬最窄；最後是亞太部分，此地區的頻段較複雜，有些國家除了採用 900MHz 還會再增加 860MHz 的頻段，而至於我國則是開放 922~928MHz 的頻段。由於各國規範不一，因此當物品流通到其他國家時，必須調整讀取器的頻率，以順利讀取。

在實際的使用上，並沒有一種所謂最好的標籤可以應用在所有場合當中。例如：悠遊卡只需要 5 公分以內的通訊範圍，並不需要用到超高頻率的 RFID 標籤，又何必花較貴的成本去建置 RFID 的應用環

境。由此可見，只有根據不同的應用需求，去選擇最適當的標籤才是達到最佳成效的法則。

表 4.2：標籤比較表－使用頻率

	低頻(LF)	高頻(HF)	超高頻(UHF)	微波(MW)
頻率	100~500KHz	10~15MHz	433~950MHz	1GHz 以上
常見頻段	125KHz 135KHz	13.56MHz	433MHz 868~950MHz	2.45GHz 5.8GHz
系統型態	被動式	被動/主動式	被動/主動式	被動/主動式
全球接受頻率	是	是	部分	部分
通訊距離	50 公分以內	1.5 公尺以內	3~10 公尺	3~10 公尺
傳輸功率	72dBμA/m	42dBμA/m	10mW~4W	4W
成熟度	成熟	成熟	新技術	開發中
讀取方式	電磁感應	電磁感應	微波共振	微波共振
價格	低	中	高	高
環境影響	受環境影響小	金屬	潮濕	潮濕
資料傳輸率	低	高	較高	最高
記憶體(Bytes)	64~1k	256~512	64~512	16~64
ISO 對應標準	ISO18000-2	ISO18000-3	ISO18000-6	ISO18000-4
應用場合	門禁系統 動物識別 存貨控制 晶片防盜鎖	智慧卡 圖書館管理 商品管理	鐵路車廂監控 倉儲管理	道路收費系統

表 4.3：各國的 UHF 頻段

國別	UHF 頻段
台灣	922~928MHz
歐盟	869.4~869.65MHz
美加	902~928MHz
澳洲	918~926MHz
紐西蘭	864~868MHz
日本	905~956MHz
韓國	910~914MHz

● RFID 標籤依照被讀取器存取的方式分為下列三種類別：

(1) 唯讀 (Read-only)

唯讀式標籤的內存資訊在出廠時已被寫死，使用者無法修改或是寫入任何資訊，只能讀取標籤內的資料。使用者通常可以向廠商訂購特定識別碼的標籤，但由於無法改變其內容，所以主要被應用於門禁管理、車輛管理、物流管理、動物管理等較封閉的應用場合。

(2) 一寫多讀 (Write Once, Read Many)

使用者只能寫入或修改標籤內容一次，之後就等同唯讀式標籤只能被多次讀取。由於可以寫入一次，所以此類標籤通常應用在只需寫入一次資料的生產流程當中，提供隨時寫入識別碼的功能，並建立永久資訊。此類標籤成本較唯讀式標籤高，主要用於資產管理、藥品管理、危險品管理、軍品管理等。

(3) 可讀寫 (Read/Write)

使用者可以在標籤的生命週期內，隨時透過讀寫器重複寫入或修改標籤的內部資訊。其中內部資訊分為兩種區域：一個是由使用定義的保密唯讀區，裡面包含標籤的識別碼，只供使用者寫入一次；而另一個是可重複讀寫區，提供使用者可以自行編程。

此類標籤通常帶給企業重要的應用能力，企業在可以在生產流程當中的不同時間點，將相關資訊記錄到標籤內部（例如：產品由何人製造、上次標籤被讀取的時間位置等），當流程結束之後，標籤所存的資訊可以提供最終使用者去檢驗該產品的生產流程是否符合標準。主要用於航空貨運、行李管理、信用卡服務、捷運票證等。

4.1.5 標籤的類型

RFID 的應用範圍涵蓋了日常生活的食、衣、住、行、育、樂，在這些廣泛的應用領域裡，RFID 標籤外觀並非只是一片小小的四方形紙片，也並非都長得像悠遊卡般，而是根據不同的環境和應用場合以不同的大小和形狀呈現，因此以下介紹各種常見的 RFID 標籤類型，提供更進一步的認識，如圖 4.6 所示：

- 卡片型：卡片型標籤大小與信用卡差不多，容易置於口袋皮夾之中，通常應用於電子票證、會員證、儲值卡、門禁考勤以及車道系統。台北捷運系統所使用的悠遊卡也是屬於卡片型標籤的一種，使用時只需輕觸感應區即可迅速完成交易，免除準備零錢或票證的困擾，未來還能擴大服務範圍，搭乘更廣泛的交通運輸系統，或是結合電子錢包付費的功能。
- 塑膠鈕：標籤外表以塑膠殼密封，可用於定位功能或是洗衣業者

等。例如：將標籤固定在巡邏點，巡邏人員只需要以手持式讀取機掃瞄即可，省去了以往簽到的不便；而因為標籤具有耐撞、防水功能，可供洗衣業者處理衣物和管理紡織品用。

- 錶帶型：此類標籤被設計用來戴在人的手腕上，具有防水、儲值或是保全功能等。經常見於遊樂園、游泳池、健身中心等，用以控管人員的進出、儲值付費或是紀錄個人資料等。例如：日前台北 101 舉辦的登高大賽也採用此類標籤，取代以往傳統人工記錄和馬錶計時，大幅提升人員的掌握度及比賽安全性；而在健身中心當中，會員戴上特製 RFID 錶帶，除了可以輕易地控管會員的進出之外，會員也能在每部使用的器材上，透過標籤顯示出自己的基本資料、健身計畫和一些統計數據，以提供會員更多的資訊服務。
- 鑰匙環：此類標籤與鑰匙圈結合，通常用於門禁考勤、識別人員身分並配合電磁鎖以便管制人員進出。例如：利用免鑰匙入車系統只需按下按鈕就可以開啟車門發動車子。
- 試管型：標籤附於試管上，可防水、耐酸鹼、抗氧化和日光，常用於實驗室、藥品管理和醫療看護等應用。例如：醫療系統可在輸血中心的抽血作業、實驗室配方管理，透過 RFID 標籤自動識別物品訊息可幫助忙碌的醫療人員降低醫療疏失的發生率，提供病人更安全的服務。
- 電子標籤：此類標籤材質可以採用紙張印刷，常被應用於物流管理、圖書館管理、供應鏈管理和防偽應用等。例如：在一般的圖書館裡，可將標籤附於圖書上，不但可以減少讀者借還書等待的時間，若圖書放置錯誤的櫃架上能馬上被館方發現，加快盤點的

時間等。目前台北內湖和西門町更設置了無人智慧圖書館，借還書時不需要館方人員，完全自助，解決了以往圖書館開放時間不夠的問題。

- 貨櫃型電子鎖 (e-Seal)：用於貨櫃管理，為一特殊設計的電子封條，採兩段式設計，上下扣住在貨櫃的門把上，當貨櫃不當開啟或破壞時，會送出警示訊息，防止貨櫃遭破壞或掉包貨品事件發生。根據經建會估計，一年可讓航運商節省 6,000 小時的通關時間，可有效地改善人工押運過程中，增加的人力與航商成本。
- 智慧型標籤 (Smart Label)：此類標籤同時具備條碼 (Barcode) 和 RFID 的功能。材質可為紙張、塑膠或是布料，在其上可以印製條碼和文字敘述，因此除了 RFID 讀取器和掃條碼機可識別標籤資訊外，也大幅增加對人的可讀性，增加可靠性。而未來甚至會在 RFID 晶片上加上感測器，提供監看環境溫度及物品真空狀態的功能，以維持物品新鮮度或藥品品質。



卡片型



塑膠鈕型



錶帶型



鑰匙環



試管型



電子標籤



智慧型標籤



貨櫃型電子鎖

圖 4.6：各種類型的標籤

4.1.6 標籤的製造成本

早期 RFID 的發展有不少的障礙，標籤價格過高就是其中之一。一般認為標籤的單價要在五美分以下才能被市場接受，目前價格還是過高，因此 RFID 標籤只能在產品單價中的場合中應用，尚未能在所有領域當中普及開來。近年來，隨著技術發展和廠商競爭之下，RFID 的單價也下降了許多，在不遠的將來，離標籤單價美金五分錢的目標

也已經不遠了。

要了解標籤成本的組成，首先要從標籤的製造過程中說起。被動式標籤的製程主要可分為三個階段，分別是 IC 焊接、天線製造及封裝。晶片製造完成後，還無法與遠端的讀取器進行通訊，必須得先與天線組裝，待組裝完畢，剩下就是封裝的過程，此時就得視未來的應用環境而定，判斷要製作出能經受任何者環境的封裝效果來保護晶片內容。

如前所述，RFID 標籤的製造成本包含晶片、天線、封裝三部分，而所占成本各約三分之一，因此扣除晶片取得的成本後，標籤製造商還有三分之二的成本有待壓縮。目前來看，RFID 標籤的價格過高還無法被市場廣泛接受，因此除了一些高價格的產品外，要其他價錢低廉的產品去吸收標籤的成本，對產商和消費者都難以接受。為了達到 RFID 標籤普及的目標、期望在廣大的市場當中占有一席之地，各家廠商無不卯足全力研發新的製造技術。關於 RFID 的天線部份，之前都是使用銅片（導電性佳）、鋁片（價格便宜）來製作，製作時需將拉好的金屬天線黏在貼料上面，再轉貼到所需的位置上，而這些加工步驟較多，使得成本相對提高。目前技術的發展已經可以利用印刷技術的導電油墨來取代以往的金屬天線，不僅使得成本下降許多，也可減少環境汙染。

4.1.7 考量因素

在導入 RFID 系統時，標籤的選擇向來是個非常重要的議題，選到不符合應用需求的標籤，可能會造成讀取失誤率不明過高、成本增加或是後期不斷需要更換標籤，反而增加許多人力，因此以下列出幾

項選擇標籤時重要的考量因素：

- 標籤大小和形狀：標籤依照不同的應用場合會以不同的形狀大小呈現，所以必須先考量有沒有足夠的空間可以使用。例如：RFID 標籤若是要縫入成衣的標籤裡，則所需的空間大小則與附著在杯子上有所差別。
- 耐久度：標籤所處的環境可能會相當惡劣，需要抵抗超常的溫度、濕度或是酸鹼、塗料、油的能力，因此要考慮在封裝過程中做特別的處理。例如：標籤所嵌入的產品在運送過程中可能會處於 0 度 C 以下的溫度，或是處於潮濕的環境。
- 重複使用：有些標籤成本較低，可以隨物品被銷售而丟棄，但有些標籤成本較高，所以必須重複使用。例如：主動式標籤較於昂貴，需要回收以便重複使用。
- 可讀性：標籤內部所含的資訊必須透過讀取器才能被閱讀，人類無法直接識別其內容，而且就算被讀取器所讀取，也可能無法有 100% 的正確率，因此有時必須在標籤表面上標示文字資訊，或印上條碼以增加標籤的可靠性和對人的可讀性。
- 天線方向性：天線的種類繁多，依照不同的使用場合而需要不一樣的天線，以下將對天線的方向性做介紹。由於 RFID 的射頻訊號就是電磁波，而電磁波由電場和磁場構成，當讀取器發送訊號時是透過天線的將能量向周遭的方向輻射出去，而最大輻射方向上電磁場向量端點運動的軌跡（稱為天線極化，也就電場的方向）會與電磁波的行進方向剛好垂直。如果當電磁波行進時，極化方向是固定的則稱為線性極化，若極化方向是平面的旋轉，則稱為圓極化。其中線性極化分為垂直極化和水平極化，圓極化也分為

左旋圓極化和右旋圓極化。垂直極化天線發送的電磁波必須採用垂直極化天線去接收，水平極化發送也要用水平極化接收，因為當發送方電波的極化方向和接收端不同時會發生極化損失，接收到的信號會變小，如果剛好是完全正交的話，這時候訊號就會完全衰減，也就等同收不到訊號了，因此要確認雙方天線是同種類的並且互相平行。至於圓極化天線，同樣有左旋對左旋，右旋對右旋的要求，但是雙方天線並不需要互相平行就能順利的接收到信號，適用於標籤通過讀取區時天線方向不固定的場合。由上述可得結論，標籤和讀取器之間的通訊有方向性，而天線的角度會影響標籤被讀取時的正確率，因此必須注意標籤與讀取器之間是否形成正交而造成無法讀取。

- 頻率：如上述所說，不同的頻率有不同的特性，在選擇頻率時必須注意特性有無符合需求。
- 通訊距離：不同頻率的標籤其通訊距離有所不同，在決定標籤之前要先實際測試此類標籤有沒有符合應用系統的需求，因為有時讀取距離也會受到環境的干擾。
- 周遭物質干擾：RFID 的射頻訊號很容易被周遭的電波、磁場和物質干擾，不同頻帶的標籤抵抗不同種類的干擾程度也不一樣，必須視標籤應用環境有特定的干擾因素存在，以免造成讀取器與標籤之間通訊困難。對於低頻和高頻的標籤而言例：13.56MHz)，因為採用電磁感應為通訊原理，所以當標籤背面是金屬物質時，磁場則會因為無法通過天線四周造成通訊失效，此時就必需注意到與金屬保持適當距離，並在標籤背面貼上高導磁的鐵氧體，以幫助訊號通過磁場；至於超高頻和微波頻段（例：2.45GHz），因

為頻率高波長短，射頻電波無法通過空氣中的小水珠，必須避免處於濕氣高的場所。根據使用環境的不同，目前已經有特別適用於固定在玻璃上、塑膠上和金屬上的標籤，以提高讀取正確率。

- 通訊標準和協定：目前各家製造 RFID 標籤的廠商所支援的標準都不太一樣，因此在選購標籤時，要考慮工作流程中所採用的讀取器能不能與之相容。而目前主要有三大標準：國際標準 ISO/IEC 18000、美國的 EPCglobal 和日本的 Ubiquitous ID，彼此技術差別不大卻不相容，不過隨著 EPCglobal Class 1 Generation 2 (Gen 2) 的制定，標準化的問題已經漸漸解決了，詳細資料請參見第五章。
- 儲存需求：通常標籤上有越多的記憶體空間其成本會越高，在決定要採用幾位元的標籤時，必須視預期儲存的資料量而定。目前符合 Gen 2 標準的標籤有 64 位元和 96 位元的選擇。
- 標籤的效能：標籤的效能評估方式有很多種，在選擇標籤時必須適當地分配權重。一般常見的評估依據有通訊距離、標籤資料的傳輸速度、每秒可讀取標籤的數量、標籤讀取的正確率以及標籤行動中可被正確讀取的速度。
- 安全需求：評估標籤是否內存敏感資訊，若有則必須採用加密的方式將真實資訊隱藏，以避免敏感資訊被非經授權的讀取器讀取。
- 存取需求：在選擇何種存取方式的標籤前，必須評估應用環境和未來系統的規模發展，以避免之後增加的許多困擾。
- 功能性：標籤可以提供追蹤、定位、防偽、感應的功能，功能越多所帶來的成本也越高，因此在選擇標籤時也必須考量到功能性的需求。

4.2 RFID 讀取器

4.2.1 什麼是讀取器？

在開始介紹讀取器之前，也是一樣先為 RFID 讀取器下個定義。RFID 讀取器又稱為詢問器 (Interrogator)，此裝置可以透過無線電波的存取方式，讀取或寫入 RFID 標籤上的資料。如果有寫入功能的讀取器稱為寫入器 (Writer)，同時具備讀取與寫入功能的讀取器又稱為讀寫器 (Reader/Writer)。

4.2.2 讀取器的組成元件

RFID 讀取器的內部元件（如圖 4.7 所示）主要由下列組成：

- 收發器 (Transceiver)：收發器與天線互相連接，由發送器 (Transmitter) 和接收器 (Receiver) 組成。接收器負責接收標籤傳來的訊號，並將訊號轉交給處理器；發送器則負責透過天線發送讀取器的訊號和提供交流電源於周遭的標籤。
- 微處理器：負責訊號解碼和錯誤檢查。
- 記憶體：儲存讀取器的配置參數和讀取到的標籤資料。
- 天線：負責接收和傳送訊號。
- 控制器：允許使用者或是電腦程式控制讀取器的功能
- 電源：提供所有讀取器元件的電力來源。
- 通訊介面：提供讀取器與外部的互動。

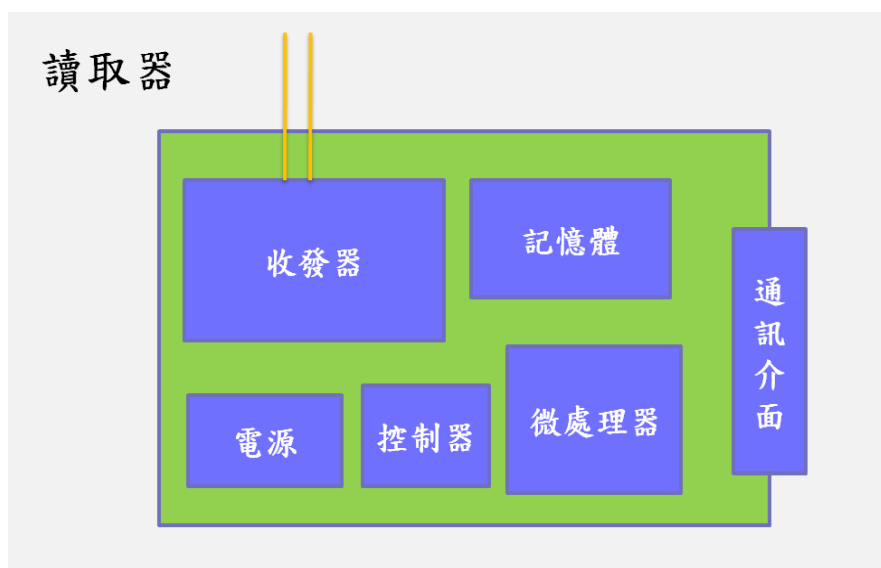


圖 4.7：讀取器的內部元件

4.2.3 讀取器的操作流程

在第三章時介紹了 RFID 的主要運作流程，而現在將從讀取器的角度去觀看內部元件的處理流程，操作流程如下所示：

1. 收發器發送讀取器的訊號給在通訊範圍內的所有標籤。
2. 遠端的標籤收到訊號之後回傳識別資訊給讀取器。
3. 讀取器透過天線接收標籤的回應後轉給收發器。
4. 收發器將接收到的類比訊號傳送給微處理器。
5. 微處理器進行解碼和錯誤檢查。
6. 完成之後，透過讀取器的通訊介面將通訊資料傳給後端的應用系統處理。

4.2.4 讀取器的類型

讀取器跟標籤一樣都有不同的類型，下述將依據讀取器的通訊介面和移動能力作為分類點。

- 根據讀取器所提供的通訊介面可以分為下列二種：

1. 序列埠型讀取器 (Serial Reader)

讀取器用序列式通訊連結與後端的應用程式溝通。例如：電腦上的 RS-232 或 RS-485 序列埠。

2. 網路型讀取器 (Network Reader)

讀取器透過有線或是無線網路與後多應用系統連接，讀取器等同於是網路上的裝置之一。例如：透過乙太網路的 RJ-45 接頭或是無線網路卡。

- 根據讀取器的移動能力可以分為下列三種：

1. 固定型讀取器 (Stationary Reader)

如名稱所示，此類讀取器為固定式，通常掛載在不會移動的物品上，例如：牆上、輸送帶、拱門或是其他適當的結構上，以提供自動化辨識的功能。固定型的讀取器硬體效能佳、資料處理速度快、通訊距離較長、涵蓋範圍較大，但必須注意的是，由於天線角度是固定的，必須在規劃設計階段調整好讀取器的天線，讓可讀區域覆蓋所有標籤會經過的通道，以確保標籤通過這些讀取器時能被正確地讀取。相對於標籤，讀取器較難以忍受惡劣的環境，因此要在安裝時要特別注意是否需要特別的保護，尤其是其外露的天線。常見的應用領域為物流中心、倉儲中心、賣場、圖書館，提供處理供應鏈管理、物流管理、倉儲管理、零售管理等作業。

2. 掛載式讀取器 (Mounted Reader)

此類讀取器通常設置在可移動式的裝置上，例如：堆高機、公車、推車，而可讀取的範圍也隨車移動的作業環境不同而異。通常讀取器採用無線通訊的方式與後端系統連接，進行資料同步，以對人、車、物進行動態管理。常見的應用領域為運輸業、倉儲中心、賣場等，提供車隊管理、貨品動態追蹤管理等作業。

3. 手持型讀取器 (Handheld Reader)

此類讀取器為一種較小型的行動裝置，提供基本的資料讀取和寫入功能，並且在擷取資料之後，會透過藍牙協定或是無線網路回傳後端主機，通常內建天線，可用於手持操作，讀取範圍隨人移動增大，具有便利的行動能力，較能解決讀取死角的問題，但是價格也較於固定式讀取器昂貴。有時會與其他筆記型電腦、手機或是 PDA 結合，透過電池提供電源，並且以無線通訊的方式與後端系統進行通訊。常見的應用領域為快遞業、賣場，提供盤點管理、物流管理、零售管理等作業。

就第一類的固定型讀取器和剩下的行動型讀取器來說，固定型讀取器的單一產品成本較行動型讀取器還低，但是行動型讀取器可以提供多個使用者和作業間分享使用，固定型卻必須架設在每個讀取點。若以效能面來看，固定型讀取器可以提供較充足的電力來源，較高的通訊速率和資料處理速度，但即使讀取範圍因此比較長，礙於天線固定的影響，讀取區域是固定的，可能會產生讀取死角，在部署時缺乏彈性。至於使用情境，固定型讀取器適合不需人工操作、固定作業環節的環境；而行動型讀取器則適合作業人員隨身攜帶、人工操作的

作業環境。

其實，讀取器並沒有絕對的好壞，各自都有合適的使用情境和特殊的需求，而使用者最重要的就是進行環境的評估，選出最適合的讀取器。有時在特殊的環境當中，RFID 還無法達到 100%正確率，使用者目前也還對 RFID 存有疑慮，不敢完全依賴，因此某些讀取機會與條碼機結合，同時具備掃條碼和讀取 RFID 的功能。圖 4.7 列出各種類型的 RFID 讀取器。



拱門型讀取器



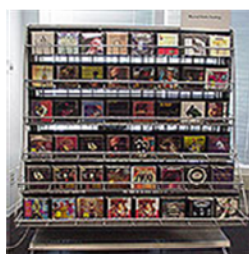
輸送帶讀取器



推高器讀取器



手持式讀取器



智慧型書架



具讀取器功能的手機

圖 4.8：各種類型的讀取器

4.2.5 讀取器的製造成本

目前受限於硬體設計，讀取器的成本依然居高不下，各界廠商紛紛投入研究期望開發出低成本的讀取器。一般來說，讀取器價格與其具備的功能、性能、電力持續性和天線的設計有相關，例如：若是讀

取器額外具備讀取條碼的功能則製造成本又會往上再加高。

4.2.6 考量因素

如同 RFID 標籤，讀取器也需要慎重選擇，並且應該在開始導入 RFID 系統之前就分配時間做好評估。以下列出幾項選擇應該要考量的因素，提供參考：

- 天線：天線設置的位置與角度會影響讀取標籤的正確率，必須將讀取器的可讀區涵蓋至標籤會通過的通道。此外，天線的大小和形狀與通訊速率有關，而外接式的天線通常有較佳的效能。
- 與標籤的通訊能力：不同標籤廠商所採用的協定可能相異，如果讀取器的應用場合為開放式，需要讀取不同協定的標籤，則必須具備該協定的讀取功能，所以在選購讀取器時需注意該讀取器可以處理協定的能力。
- 頻率：除了先前提到，標籤依據不同頻率有不同的特性外，必須注意有無符合電信法規。因為 RFID 讀取器是低功率的射頻器材，屬於管制設備，不同頻段有不同的相關規定，必須先取得當地電信主管機關的核准方可使用，以免觸犯當地的法規。
- 環境：讀取器對環境的依賴性很高，必須考量正確讀取的环境變數，這些包含標籤所貼附的表面材質、天線角度、電子標籤的數量及間距、水或金屬物的干擾、電子標籤與讀取器的相對速度和地面的特性，有時候讀取器的應用環境較為特殊，必須有抵抗惡劣環境的能力。因此在正式上線之前，必須先在實際的環境中運作，以免購買到不適用環境需求的 RFID 設備。
- 連接方式：讀取器與後端系統的連接方式不同，會帶來不同的特

性和限制。例如：序列埠介面的讀取器，其通訊距離會受限於連接線的長度，傳輸速度也較低，但是可以提供較可靠的連接方式；而透過網路介面則可以與其他電腦裝置合作，更新讀取器時，只要透過網路介面即可大範圍更新，不需要實際到現場，但可靠性相對於序列埠則較低。

- 空間需求：依照讀取器的使用環境而有不同的空間需求，有些能夠設置讀取器的空間較小，有些則是因為特殊的原因。例如：因為堆高車的重心有特別設計過，因此要在其上設置讀取器時可能會改變其重心，影響堆高車正常運作。
- 升級能力：當新功能或是新標準產生時，讀取器必須被調整升級。有些讀取器藉由更換硬體的晶片或是其他單元，提供更良好的效能，但是卻需要大量的人力去實體更換。也有些讀取器具備軟體升級的功能，可以不需要更換實體元件達到透過網路升級的功能，減少大量人力。
- 控制功能：每種讀取器可調整的組態都不一樣，有些可以調整讀取速度、讀取週期、甚至是天線的形式，提供顧客有彈性的需求，但是價錢隨功能也相對提高。
- 成本：購買讀取器所需的成本不只包含讀取器本身的價格，還包括了安裝、整合、維護、維修、訓練和未來的升級成本，因此在考量讀取器成本時，必須將所有的成本都考慮。
- 效能：RFID 讀取器的效能可以以下列方式評估：
 - 識別距離：可以 100%識別所有範圍內的標籤距離。
 - 識別速率：每秒可以 100%識別通訊範圍內的標籤數目。
 - 讀取距離：可以 100%讀取所有範圍內標籤的距離。

- 讀取速率：每秒可以 100%讀取通訊範圍內的標籤數目。
- 寫入距離：可以 100%寫入所有範圍內標籤的距離。
- 寫入速率：每秒可以 100%寫入通訊範圍內的標籤數目。

4.3 小結

在這章當中，對於 RFID 系統中的標籤和讀取器做了一個詳細的介紹。不單解釋了標籤和讀取器之間的二種通訊原理：低頻和高頻採用的電磁感應，以及超高頻和微波所採用的微波共振，也說明了標籤和讀取器內部的元件組成、運作流程，以及各種類型的標籤和讀取器，並對它們作了分類，讓大家對於標籤和讀取器的功能更為熟悉。在最後我們也列出了許多項在選擇標籤和讀取器應該要考量的因素，作為能在實際的場合中選擇符合有關系統需求元件的參考。

參考資料

書目

- [1] Dennis E. Brown, “RFID Implementation,” McGraw-Hill Osborne Media, 2006
- [2] Bill Glover and Himanshu Bhatt, “RFID Essentials,” Oreilly & Associates Inc, 2006
- [3] Sandip Lahiri, “RFID Sourcebook,” IBM Press, 2005
- [4] 鄭同伯，「RFID EPC 無線射頻辨識完全剖析」，博碩文化，2004

電子期刊或論文

- [1] 王力加，「讓企業的 RFID 動起來—談行動式 RFID 的應用」，

<http://www.rfid.org.tw/content.php?sn=11>

- [2] 王柏敦，「RFID 應用於刑事程序中限制住居強制處分之研究」，國立成功大學工程科學研究所碩士學位論文，民國 96 年
- [3] 朱秀珍，「全球 UHF RFID 頻率最新發展狀況」，現代物流／物流技術與戰略，第 23 期，2006 年 10 月
- [4] 朱耀明、林財世，「淺談 RFID 無線射頻辨識系統技術」，生活科技教育月刊，三十八卷，第二期，2005
- [5] 周岸麒、郝宗瑜，「以高溫乾燥來增強印刷 RFID 標籤之效能研究」，印刷科技，第二十三卷第二期，2007
- [6] 張克章、奚正德，「RFID 相關應用與安全機制簡介」，資通安全專論，2007
- [7] 張孟義，「整合車用GPS/GPRS與RFID技術，應用在貨物動態追蹤」，<http://www.rfid.org.tw/content.php?sn=94>
- [8] 陳崇文，「RFID 標籤製造技術」，2007 年 GS1 TW 秋季刊
- [9] 錢樵清，「無線射頻辨識應用於軍械及庫儲運管先導實驗研析」，聯合後勤季刊，2006
- [10] 天線基礎知識，<http://www.goego.com.tw/goword/rf0319/index.html>
- [11] 辰皓電子股份有限公司，<http://www.astag.com>
- [12] RFID應用推動辦公室，<http://www.rfid.org.tw>
- [13] 知磊科技股份有限公司，
<http://cnnic.com.tw/rfid/RFID%20product/Activewave/activewave.htm>
- [14] 源立電通公司，http://www.cimtrac.com.tw/hoto_big5.htm
- [15] 翔康國際股份公司，<http://www.shinecom.com.tw>